

**EIN BEITRAG ZUM DICHTUNGSPROBLEM  
AN  
STAHLWASSERBAUKONSTRUKTIONEN**

**von  
F. BÜSCHING**

**Sonderdruck  
aus Heft 41 (1974) der Mitteilungen  
des Leichtweiss-Instituts für Wasserbau  
der Technischen Universität Braunschweig**

	<u>Inhalt</u>	Seite
1.	Einführung	279
2.	Aufgabe und Anforderungen	279
3.	Dichtungswerkstoffe	
3.1	Holzdichtungen	282
3.2	Metallichtungen	285
3.3	Gummidichtungen	285
3.4	Kunststoffdichtelemente	288
4.	Wirkungsweise	
4.1	Dichtung durch Vorspannung	288
4.2	Hydraulisches Dichtungsprinzip	288
4.3	Pneumatische Dichtung	289
4.4	Obersicht	291
5.	Befestigung der Dichtelemente	298
6.	Gegendichtungsflächen und ihre Montage	298
7.	Einige neuzeitliche Dichtungsstrukturen	
7.1	Dichtungen an einem Stenmtor	301
7.2	Dichtungen an einem Segmentschütz (eines Sturmflutsperrwerkes)	301
7.3	Spaltwasserdichtung eines Hebewerkes	301
8.	Zusammenfassung	305
9.	Abstract	306
10.	Schrifttum	307

## 1. Einführung

Stahlwasserbaukonstruktionen sind fast immer bewegliche Strukturen, mit denen in der Staustellung ein Durchflußquerschnitt abgeschlossen oder in einer Zwischenstellung eine bestimmte Abflußmenge einreguliert werden kann. In den seltensten Fällen wird jedoch mit der Stahlkonstruktion allein eine hinreichende Stauwirkung im Verbauungsquerschnitt erzielt; es werden deshalb je nach Anforderung an das Dichtigkeitsmaß zwischen dem festen Baukörper und der beweglichen Konstruktion oder auch zwischen zwei beweglichen Stahlkonstruktionen mehr oder weniger aufwendige Dichtelemente erforderlich.

Wenn die Dichtelemente auch nur einen Bruchteil der für eine Stauanlage aufzuwendenden Gesamtkosten verursachen, so sind sie doch mit dem eigentlichen Wert solcher Anlagen auf das engste verknüpft. Schadhafte Dichtungen sind bis heute noch oft die Ursache für kostenintensive Betriebsausfallzeiten bei Wasserbauwerken und können dazu ernste Gefährdungen auslösen, wenn durch sie die Bewegungsunfähigkeit, beispielsweise eines Wehres, eingetreten ist.

## 2. Aufgabe und Anforderungen

Die vordergründige Aufgabe der Dichtung, einen Wasserverlust zu verhindern, ist in vielen Fällen nicht die wichtigste. Vielmehr werden mit der Unterbindung eines Durchflusses zwischen beweglicher Stahlwasserbaukonstruktion und dem festen Baukörper Beanspruchungen aus der Strömung (hydrodynamische Kräfte) und zum anderen aus mitgeführten Feststoffen ausgeschlossen, ebenso die Gefahr der Bewegungsunfähigkeit durch Vereisung im Winter.

Je nach Art der Stahlwasserbaukonstruktion sind mehr oder weniger unterschiedliche Dichtungen anzuordnen.

Bezüglich ihrer Lage am Staukörper sind folgende Bezeichnungen gebräuchlich:

Sohl-, Schwellen- oder Drempeldichtungen,  
Seitendichtungen,  
Top- oder Stirndichtungen,  
Brust- oder Zwischendichtungen u.ä.

An neuzeitliche Dichtungskonstruktionen sind hinsichtlich Funktion, Unterhaltung und Kosten einige wichtige Forderungen zu stellen, die vom Konstrukteur wegen der Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten von Fall zu Fall aufs neue gegeneinander abzuwägen sind.

Für die einwandfreie Funktion der Dichtung an einer Stahlwasserbaukonstruktion spielen Temperatureinflüsse für die Dichtigkeit eine wichtige Rolle, denn im unmittelbaren Dichtungsbereich werden fast immer Werkstoffe mit unterschiedlichen Wärmedehnungseigenschaften zusammen verarbeitet. So ist beispielsweise der lineare Wärmedehnungskoeffizient von elastischem Kunststoffmaterial 7 bis 17 mal größer als derjenige von Stahl. Da die genannte Werkstoffkombination die übliche ist, ist im allgemeinen bei Entwurf und Montage dieser Sachverhalt besonders zu beachten. Es hat sich wiederholt gezeigt, daß Undichtigkeiten infolge von Temperatureinflüssen sowohl bei hohen als auch bei niedrigen Temperaturen auftreten können. Bei Temperaturen unter  $0^{\circ}\text{C}$  besteht die Gefahr, daß die Elastizität der Kunststoffwerkstoffe (auch Gummi) stark reduziert und die Vorspannung wegen der Materialschrumpfung nicht mehr vorhanden ist. Ist die Undichtigkeit bereits eingetreten, bewirkt die folgende Vereisung eine Beeinträchtigung der Bewegungsfähigkeit und im ungünstigsten Falle eine Zerstörung der Feindichtungselemente, wenn diese an den Gegendichtungsflächen festgefroren sind und die Konstruktion aus der Staulage heraus bewegt wird. Nicht selten wird hierbei der Antrieb überlastet. KOHLER (1956) führt hierfür mehrere Beispiele an und geht in diesem Zusammenhang auf die gebräuchlichsten Arten der Wehrbeheizung ein.

Bei hohen Temperaturen können die geschilderten Schwierigkeiten ebenfalls auftreten, wenn bei der gewählten Materialkombination an der Berührungsfläche (Feindichtung-Gegendichtungsfläche) ein hoher Reibungskoeffizient zusammen mit übermäßigem Wärmedehnung des Feindichtungsmaterials vorhanden ist. Bekanntlich kann der Einfluß der Wärmedehnung durch die Wahl kleiner Abmessungen reduziert werden; überdies sind im Falle von hydraulisch wirkenden Feindichtungsprofilen kleine Abmessungen auch gleichbedeutend mit geringen Dichtungsbelastungen und führen somit auch zu niedrigen Reibungskräften. Anders ist es jedoch bei Konstruktionen, deren Auflagerkräfte über die Dichtungsflächen abgetragen werden, wie es beispielsweise bei Schiebetoren und Stemmtoren mit Holzbalkendichtung der Fall ist. Die hier in den Berührungsflächen auftretenden

Reibungskräfte können sehr hohe Werte annehmen, und es ist ratsam, das Reibverhalten der gewählten Werkstoffe im Labor zu untersuchen. Der Einfluß der Formänderungen der Stahlwasserbaukonstruktion auf die Dichtungen ist eingehend von KOLLBRUNNER und STREULI (1955) behandelt worden.

Mit der Berücksichtigung der Materialeigenschaften allein ist jedoch die unbeeinträchtigte Bewegungsfähigkeit für alle Zeit noch nicht gewährleistet. Einmal treten bereits bei der Montage Paßungenauigkeiten durch Schweißschrumpfung o.ä. auf, die durch die Vorspannung der Feindichtungsprofile u.U. nicht mehr ausgeglichen werden können, und zum anderen besteht bei dem rauen Betrieb stets die Gefahr der Beschädigung der Dichtung durch Einklemmen von mitgeführten Feststoffen.

Um die in solchen Fällen bei der Unterhaltung anfallenden Reparaturkosten möglichst gering zu halten, sollte bei allen neuzeitlichen Dichtungskonstruktionen auf die Nachstellbarkeit und Auswechselbarkeit besonderer Wert gelegt werden.

Schließlich sollte bei der Durchbildung einer elastischen Dichtung auch ihre für eine ruhige Bewegung günstige dämpfende Wirkung berücksichtigt werden. Bewegliche Stahlkonstruktionen sind naturgemäß gegen jede unplanmäßige Bewegung anfällig. So können sowohl Störungen von seiten des Antriebes als auch beim Abflußvorgang auftretende instationäre Kräfte - insbesondere an der Dichtung selbst, wenn der Abflußstrahl nicht einwandfrei geführt ist - Ursache für eine Schwingungsanregung der Gesamtkonstruktion sein.

Das Problem der Schwingungen kann bis heute nicht als gelöst betrachtet werden. Reibungsdämpfung und Formgebung haben deshalb unter den vorbeugenden Maßnahmen gegen das Auftreten von Schwingungen ein nicht zu unterschätzendes Gewicht.

### 3. Dichtungswerkstoffe

Wegen der Forderung nach Robustheit bei Stahlwasserbaukonstruktionen mußten über Jahre hinaus gewisse Undichtigkeiten in Kauf genommen werden.



Erst mit der Anwendung neuer Werkstoffe ist man in der Lage, das Dichtigkeitsmaß wesentlich heraufzusetzen und sogar annähernd vollkommene Dichtigkeit bei beweglichen Stahlkonstruktionen zu erreichen. Unter Berücksichtigung der tatsächlich an ein Bauwerk zu stellenden Dichtigkeitsanforderungen wird aus den folgenden Dichtungswerkstoffen eine an die jeweilige Beanspruchung angepaßte Auswahl vorgenommen.

### 3.1 Holzdichtungen

Holzbalkendichtungen können auch heute noch wirtschaftlich eingesetzt werden, wenn über diese zugleich auch die Auflagerkräfte der Stahlkonstruktion abgetragen werden, wie das beispielsweise bei Schiebetoren und Stemmtoren der Fall ist.

Es werden deshalb vorzugsweise tropische Harthölzer (BONGOSSI, GREENHEART, OPEPE u.a.) verwendet.

An ausgeführten Bauwerken hat sich aber gezeigt, daß für die Reibungsverhältnisse zwischen Dichtungshölzern und V2A-plattierten Gegendichtungsflächen das Coulombsche Reibungsgesetz mit einem Reibungsbeiwert  $\mu = \text{konst.}$  nur bedingt anwendbar ist.

Als Ergebnis von diesbezüglichen Untersuchungen, die der Verfasser im Jahre 1970 bei der Firma FRIED. KRUPP GmbH., INDUSTRIE UND STAHLBAU, RHEINHAUSEN, durchgeführt hat, hat sich gezeigt, daß bei Holzpressungen  $p > 20 \text{ kp/cm}^2$  der sogenannte aus dem Maschinenbau bekannte STICK-SLIP-EFFEKT auftritt, wenn beispielsweise aus Durchbiegung der Stahlkonstruktion eine Verschiebung am Auflager auftritt. Dieser Effekt besteht darin, daß die Haftreibung ruckartig überwunden wird und es kann zur Folge haben, daß die Stahlkonstruktion Erschütterungen ausgesetzt ist.

In den Darstellungen Abb. 1 und 2 werden die bei den genannten Untersuchungen ermittelten Reibungsbeiwerte in Abhängigkeit von der Holzpressung  $p$  mitgeteilt.

Abb. 1 zeigt die Versuchsergebnisse für BONGOSSI-Holz bei einer Bewegung in Faserrichtung und quer dazu.

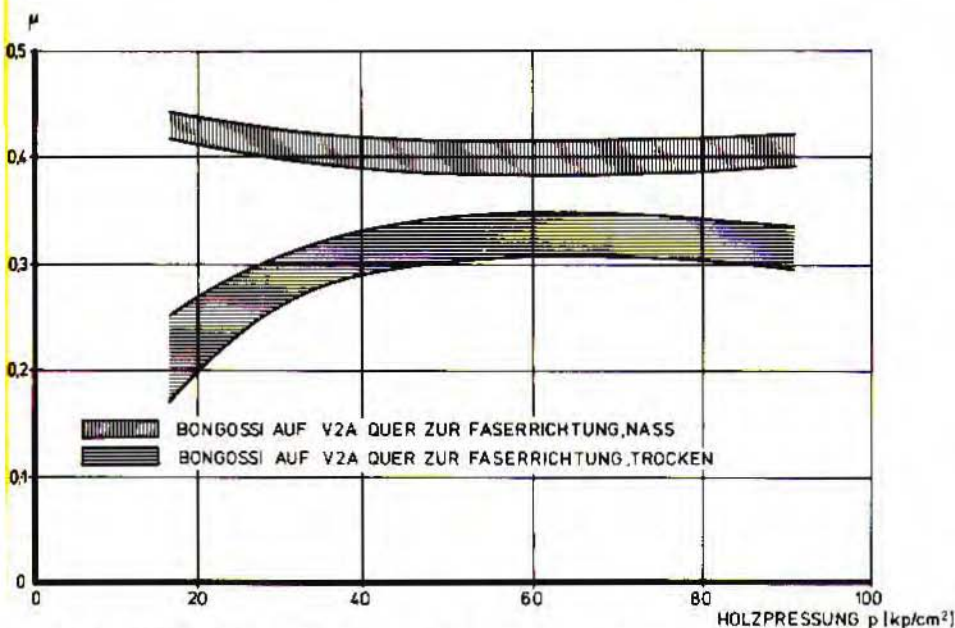
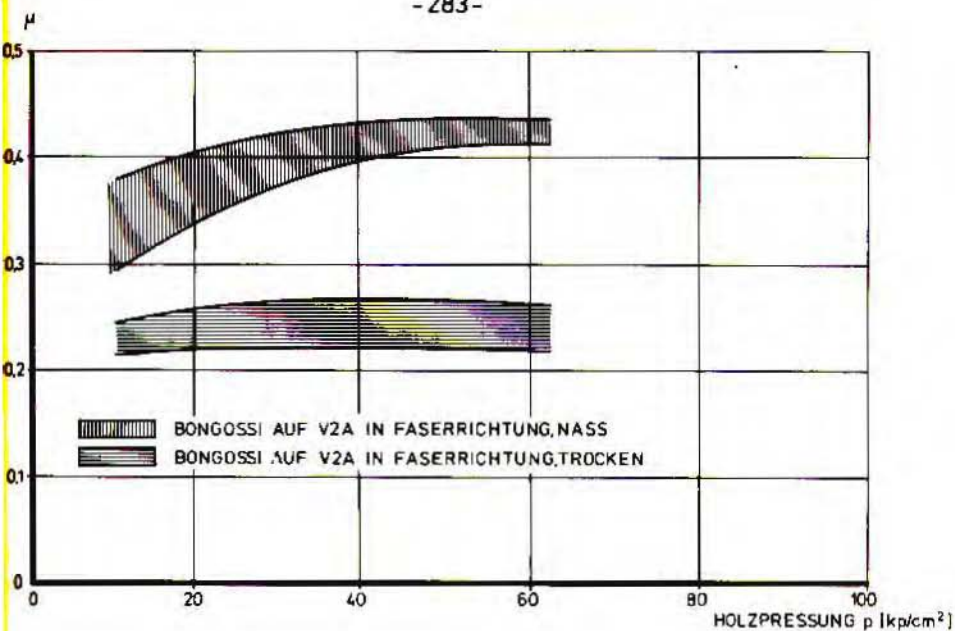


ABB.1 REIBUNGSBEIWERTE  $\mu$  FÜR BONGOSSIHOLZ AUF V2A-STAHL

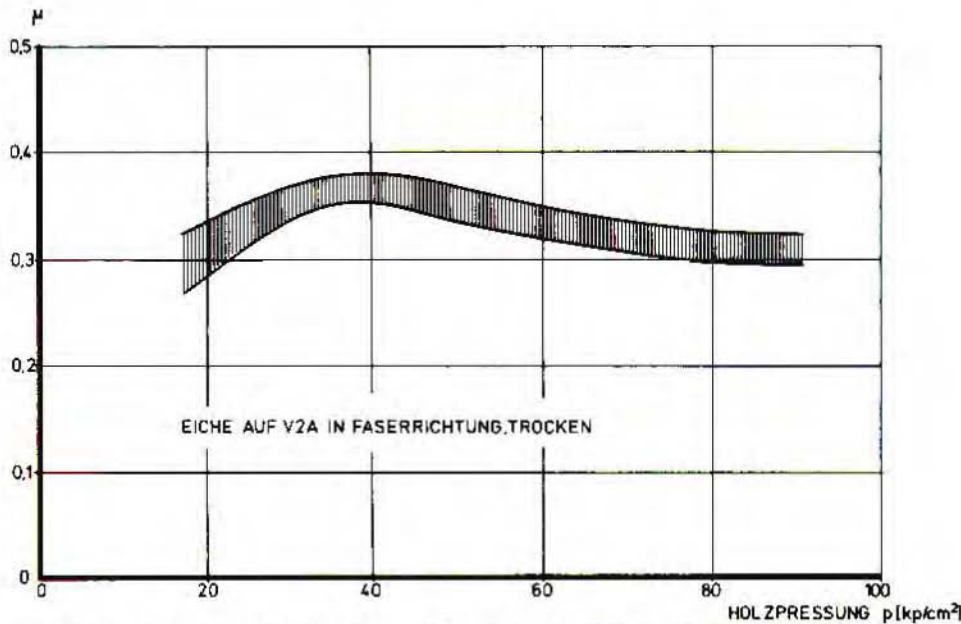
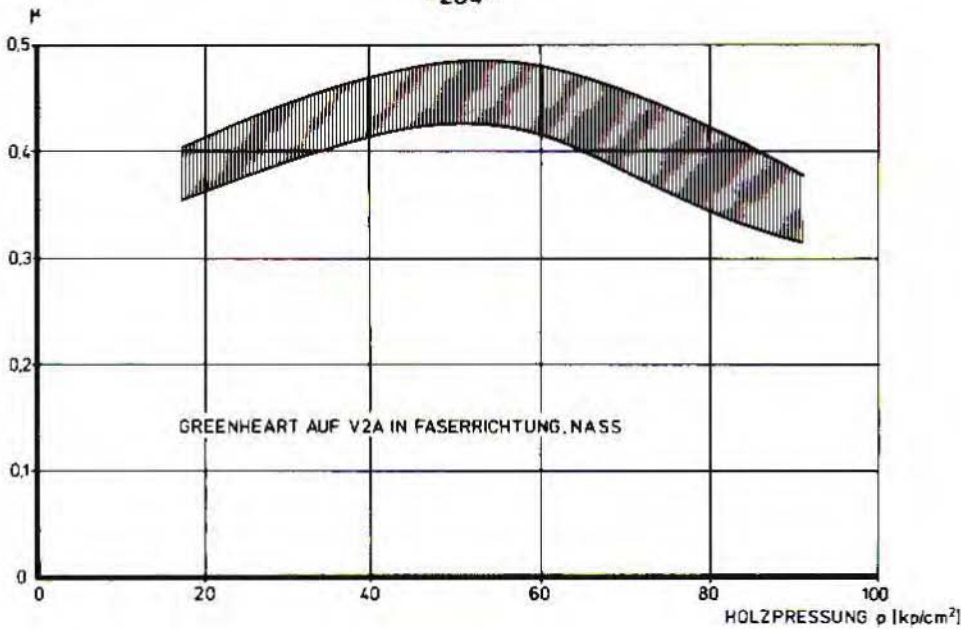


ABB.2 REIBUNGSBEIWERTE FÜR GREENHEART-UND EICHENHOLZ AUF V2A-STAHL



Es wurde sowohl lufttrockenes als auch feuchtes Holz mit einer Verweildauer im Wasser von 24 Stunden untersucht.

Erstaunlich ist, daß der Reibungsbeiwert offenbar bei nassem Holz höher ist als bei trockenem. Das gilt sowohl für eine Bewegung in Faserrichtung als auch quer dazu, während nur bei trockenem Holz im Mittel der Reibungsbeiwert für eine Bewegung quer zur Faserrichtung höher liegt als bei der Bewegung in Faserrichtung.

In Abb. 2 sind zum Vergleich noch die Versuchsergebnisse bei Bewegung in Faserrichtung für nasses GREENHEART-Holz bzw. trockenes EICHEN-Holz wiedergegeben.

Hier zeigt sich zwischen BONGOSSI und GREENHEART kein wesentlicher Unterschied; andererseits sind die Reibungsbeiwerte bei trockener EICHE bei Bewegung in Faserrichtung höher als bei trockenem BONGOSSI-Holz.

### 3.2 Metalldichtungen

In ähnlicher Anordnung wie die Holzbalkendichtungen sind an älteren Verschlußkörpern noch Metalldichtungen gleichzeitig als Auflagerelement vorzufinden (vgl. Abschnitt 4.4). Als Gleitdichtung sind sie heute vollständig von Gummi- und Kunststoffdichtungen verdrängt worden.

Für den Fall geringerer Dichtigkeitsanforderungen, wie etwa bei Sturmflutsperrwerken, ist sie heute die übliche Sohlbildungsform. Sie besteht dann gewöhnlich nur aus einer Sohlseile, über die auch die Auflagerkraft in den Sohlbalken eingeleitet wird (vgl. Abschnitt 7.2).

### 3.3 Gummidichtungen

Die auf den Abb. 3 und 4 dargestellten Profilformen für Feindichtungen werden heute, wie viele andere auch, gleichermaßen aus Naturgummi und Neoprene hergestellt.

Entsprechend dem jeweiligen Verwendungszweck und der Beanspruchung werden Gummidichtungen mit Härten zwischen 45<sup>0</sup> und 70<sup>0</sup> SHORE ausgewählt.

Die Shore-Härte ist ein Maß für die Elastizität des Werkstoffes; zur Verdeutlichung enthält Abb. 5 die Versuchsergebnisse für die Zusammenpressung eines eingespannten Flachgummis bei verschiedenen Shore-Härten in Abhängigkeit von Schließdruck aus Eigengewicht oder als Antriebsdruck.

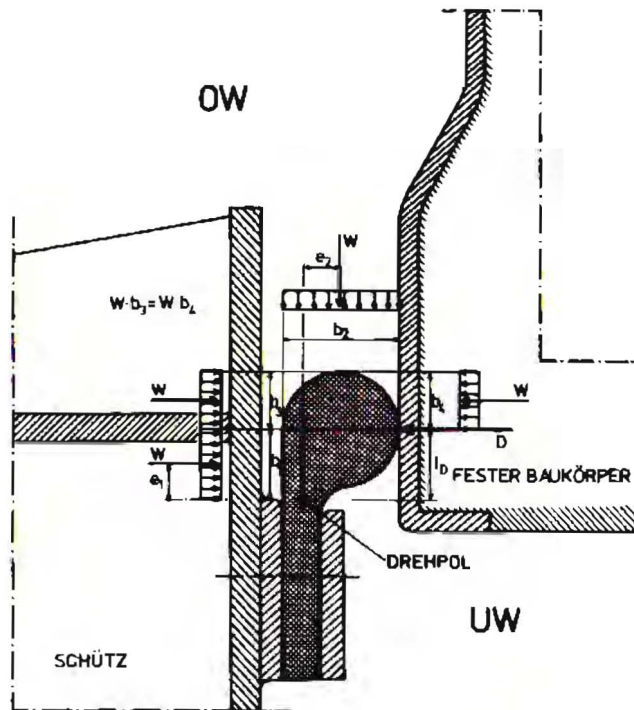


ABB.3 HYDRAULISCHE NOTENGUMMIDICHTUNG  
EINFACH GEKLEMMT

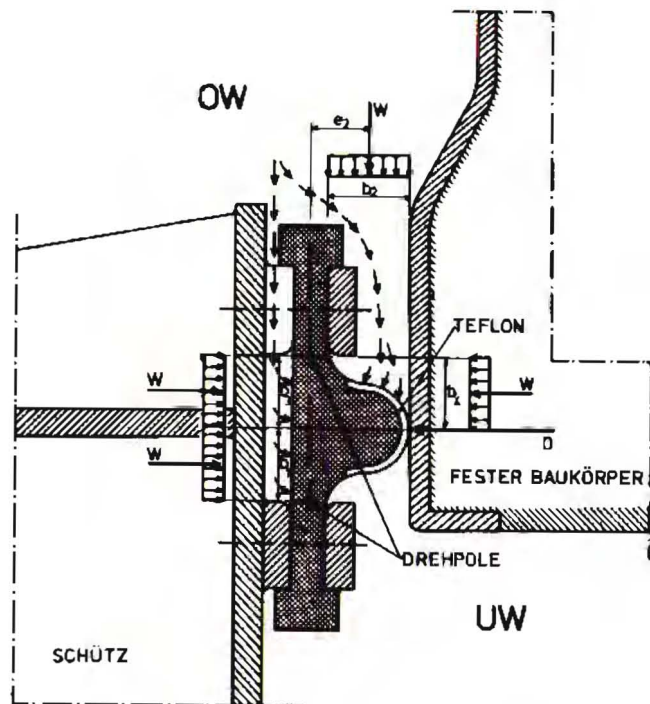
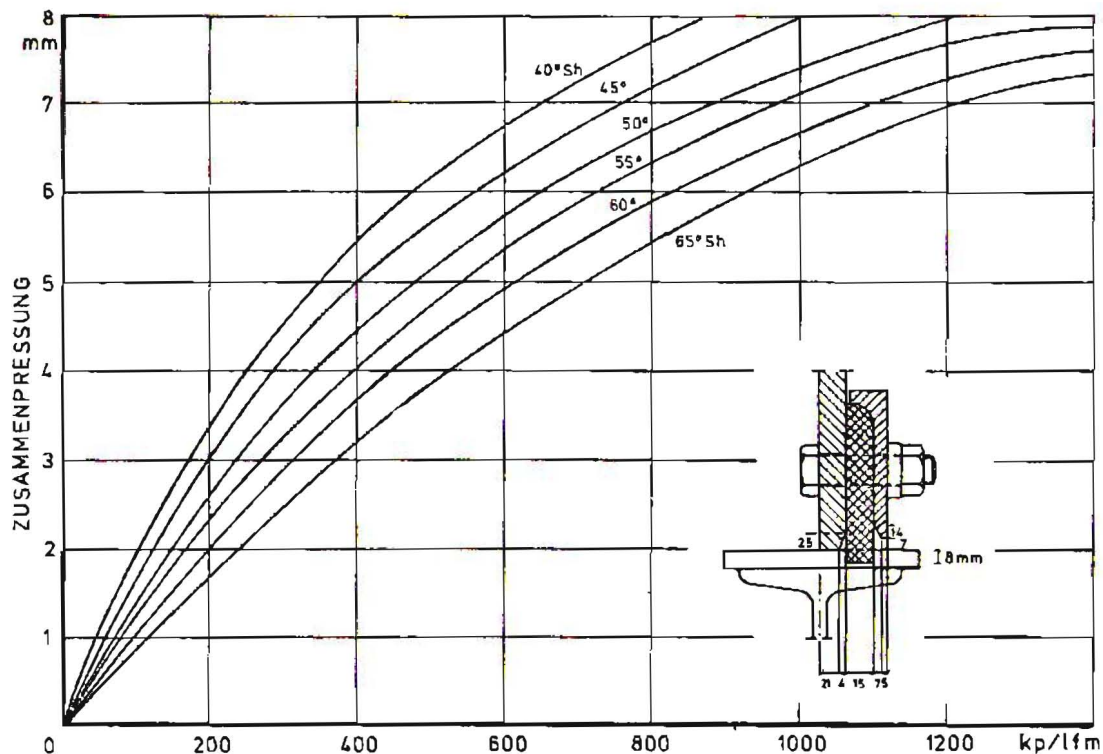


ABB.4 HYDRAULISCHE WULSTGUMMIDICHTUNG  
DOPPELT GEKLEMMT



**Abb. 5:** Zusammenpressung eines eingespannten Flachgummis bei verschiedenen SHORE-Härten und versch. Schließdruck  
(nach Firmenzeichnung RU aus WICKERT und SCHMAUSSER (1971) Abb. 9.4.)

Wird eine Stahlwasserbaukonstruktion über längere Zeit in derselben Position belassen, dann besteht die Gefahr, daß Gummi- oder Neoprene-Dichtungsprofile zunächst an den Gegendichtungsflächen haften bleiben, wenn die Konstruktion bewegt wird. Aus diesem Grunde wird die Zugfestigkeit und Bruchdehnung bestimmt. Hierfür wird eine Zugfestigkeit von  $\sigma_z = 0,25 \text{ Mp/cm}^2$  und eine Bruchdehnung von 450 bis 600 % für ausreichend gehalten.

### 3.4 Kunststoffdichtelemente

Wegen der oben erwähnten nachteiligen Haft- und Gleitreibungseigenschaften von Holz und Gummi auf Gegendichtungsflächen werden in neuerer Zeit bei großen Dichtungsbelastungen - beispielsweise bei Tiefschützen - Dichtelemente mit einem Teflonfilm (PTFE oder PFEP) überzogen (Abb. 4). Auf diese Weise kann die Dichtungsreibung, die der Bewegung der Stahlkonstruktion stets entgegenwirkt, auf etwa 1/10 verringert werden.

## 4. Wirkungsweise

### 4.1 Dichtung durch Vorspannung

Eine übliche Art der Sohldichtung ist insbesondere bei Hubschützen die auf Abb. 5 dargestellte Aufsatzdichtung, die aus einem eingespannten Flachgummi besteht, der durch das Eigengewicht der Stahlkonstruktion, durch Antriebsdruck oder durch Federvorspannung (vgl. Abschnitt 4.4) angepreßt wird.

Für den Schließdruck wird je nach Stauhöhe ein Wert  $p \geq 0,5 \text{ Mp/lfdm}$  als ausreichend angesehen.

### 4.2 Hydraulisches Dichtungsprinzip

Bei elastischen Gleitdichtungen wird üblicherweise der Dichtungsdruck durch den herrschenden Wasserdruck erzielt. Als Seiten- und Top-Dichtungsprofil hat sich u.a. das sogenannte Notengummiprofil (Abb. 3) für Wassertiefen bis zu 20 m durchgesetzt, während bei Tiefschützen eine robustere Profilform mit 2 Klemmleisten - etwa wie auf Abb. 4 dargestellt - bevorzugt wird.

Vereinfacht kann der Dichtungsdruck  $D$  [Mp/m] und damit die Dichtungsreibung  $R = \mu \cdot L_D \cdot D$  unter Annahme eines Drehpoles berechnet werden.

Mit den Bezeichnungen der Abbildungen 3 und 4 ist

$$D \approx \alpha \cdot W \left( \frac{b_1}{2} + \frac{b_2 \cdot e_2}{b_1} \right)$$

Darin ist  $W$  [Mp/m<sup>2</sup>] der herrschende Wasserdruck und  $\alpha$  ein Abminderungsbeiwert, mit dem die Steifigkeit des Dichtungsmaterials berücksichtigt wird.

Bei Notengummidichtungen wird  $\alpha = 1$  gesetzt, während für Profile nach Abb. 4 je nach SHORE-Härte  $0,6 \leq \alpha \leq 0,8$  gewählt wird.

Für die Ermittlung der Dichtungsreibung ist in die obige Formel für  $L_D$  die Gesamtlänge der Dichtung einzusetzen.

DIN 19 704 gibt in Abhängigkeit von der SHORE-Härte für Gummi die folgenden Reibungsbeiwerte

Shore-Härte 85°  $\mu = 0,7$

Shore-Härte 70°  $\mu = 0,8$

Shore-Härte 55°  $\mu = 0,9$

Für glatte Oberflächen aus V2A-Stahl können etwas geringere Reibungsbeiwerte verwendet werden; eine entscheidende Verbesserung der Reibungsverhältnisse wird jedoch erst mit TFFLON-beschichteten Dichtungsprofilen erzielt.

#### 4.3 Pneumatische Dichtung

Abb. 6 zeigt einen Vorschlag des US Corps of Engineers für eine Dichtungsanordnung im Seitenpfeiler einer Stauanlage im Gegensatz zu den üblicherweise an der Stahlkonstruktion befestigten Dichtungselementen.



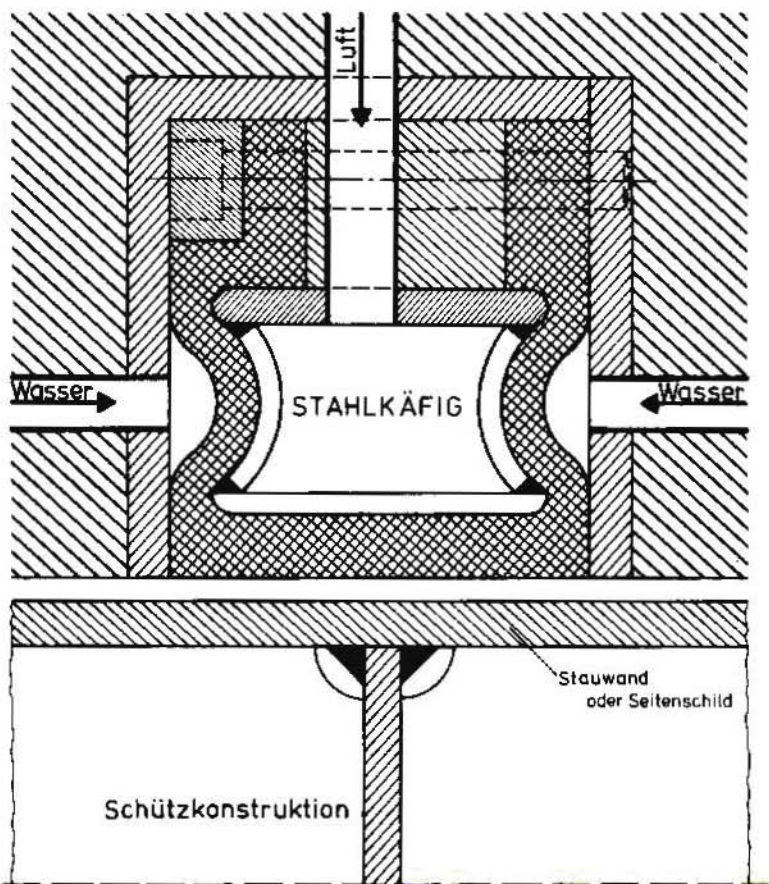


ABB.6 PNEUMATISCHE DICHUNG IM FESTEN BAU-  
KÖRPER (US CORPS)  
(nach WICKERT und SCHMAUSSER (1971) Abb.928)

Es ist ein Horizontalschnitt durch die Seitendichtung und die Schützkonstruktion dargestellt. Die Dichtung besteht im wesentlichen aus einem Hohlprofil aus Gummi, das durch verschiedene Medien von innen und außen beansprucht wird. Wenn der Druck im Innern des Profils überwiegt, strecken sich die Seitenwände und die Vorderfront wird an die Schützkonstruktion gepreßt, so daß Dichtung erzielt wird. Der Innendruck wird mit einem Luftdruckkompressor aufrechterhalten.

Wenn die Dichtung abheben soll, werden die Seitenwandungen des Hohlprofils von außen über Stichkanäle durch das OW beaufschlagt. Die Seitenwände werden in der dargestellten Form - begrenzt durch einen Stahlkäfig - eingedrückt und die Vorderfront zieht sich infolgedessen vom Seitenschild des Schützes zurück.

#### 4.4 Übersicht

In bezug auf Wirkungsweise, Beanspruchung, Werkstoff und Lage verschiedener Dichtungselemente am Staukörper ist in den Abb. 7 bis 10 eine prinzipielle Übersicht gegeben. In den Darstellungen 7 bis 10 A handelt es sich jeweils um Seitendichtungen, von denen in jeder Skizze 2 Möglichkeiten dargestellt sind.

Dichtungsdruck  $D$  und Auflagerkraft  $A$  sind als Reaktionskräfte dargestellt.

Die Abb. 10 B zeigt zwei unterschiedliche Ausbildungen der Top- und Sohldichtungen.

#### Abb. 7 A

Der Dichtungsdruck  $D$  ist der Hauptbeanspruchung durch Wasserlast gleichgerichtet.

Links ist ein vertikaler Holzbalken als Dichtungs- und zugleich als Auflagerprofil dargestellt, während rechts die Auflagerkraft durch eine Stahlschneide übertragen wird und die Dichtung über ein Naturgummi erfolgt.

#### Abb. 7 B

Der Dichtungsdruck  $D$  ist der Hauptbeanspruchung durch Wasserlast entgegengerichtet.

Links ist wiederum als Dichtung ein Notengummi dargestellt, während die Auflagerkraft über eine Stahlschneide in die Gegendichtungsfläche über-

tragen wird.

Rechts wird die Auflagerkraft über eine Laufrolle abgegeben, während als Dichtung ein durch eine Feder vorgespannter Flachgummi dargestellt ist.

#### Abb. 8 A

Der Dichtungsdruck  $D$  wirkt quer zur Hauptbeanspruchung durch Wasserlast.

Links ist eine zweiseitig wirkende Dichtung dargestellt im Gegensatz zu einer einseitig wirkenden auf der rechten Seite.

Die Anordnung der Dichtungen etwa in Höhe der neutralen Faser der als Balken auf zwei Stützen wirkenden Schutzkonstruktion läßt nur geringere Wege der Dichtungen infolge Schützdurchbiegung erwarten.

#### Abb. 8 B

Zwei unterschiedliche Befestigungsmöglichkeiten sind dargestellt. Links ist die Dichtung UM-seitig angebracht, und eine Nachstellbarkeit in Staustellung ist nur bei Einsatz eines Tauchers möglich.

Rechts können zu diesem Zweck die Winkel leicht von der UM-Seite aus im Trockenen versetzt werden.

#### Abb. 9 A

Hier ist der Einfluß von Querbewegungen der Konstruktion infolge von Durchbiegungen, ungenügender Seitenführung oder Verkantung dargestellt. Links wirkt eine Reibkraft zwischen Hart-Dichtelement und Gegendichtungsfläche, während rechts eine Querbewegung durch Verformung der Dichtung aufgenommen wird.

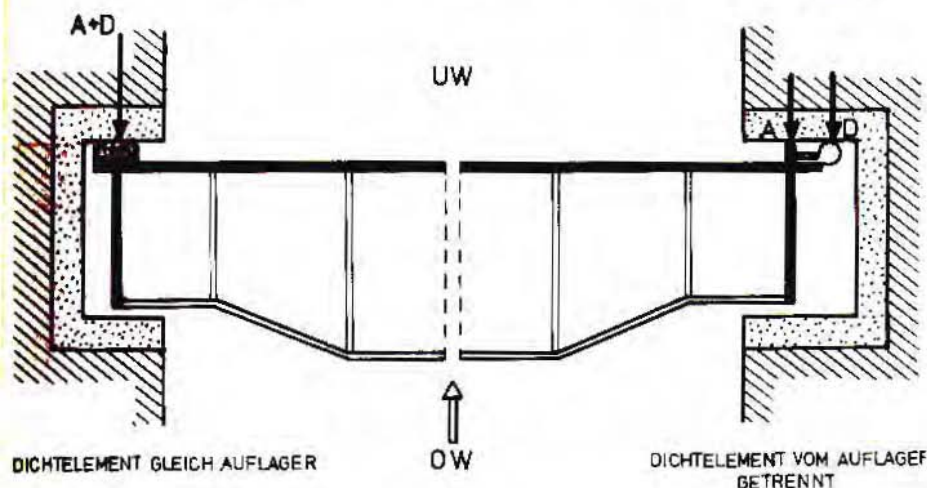
#### Abb. 9 B

Es ist ähnlich wie bei Abb. 9 A der Unterschied zwischen elastischer und starrer Dichtung bei Seitenverschieblichkeit dargestellt.

Während links eine Querbewegung durch Verformung aufgenommen wird, werden bei der rechten Anordnung die Reibungskräfte zwischen der gleichzeitig als Auflager wirkenden Bronzeschiene und der Gegendichtungsfläche sehr groß.

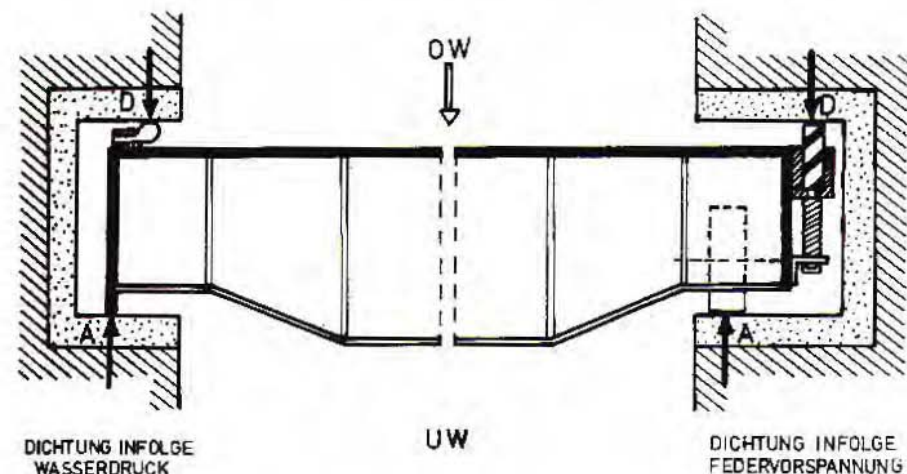
DICHTUNG IN RICHTUNG UW

**A**



DICHTUNG IN RICHTUNG OW

**B**

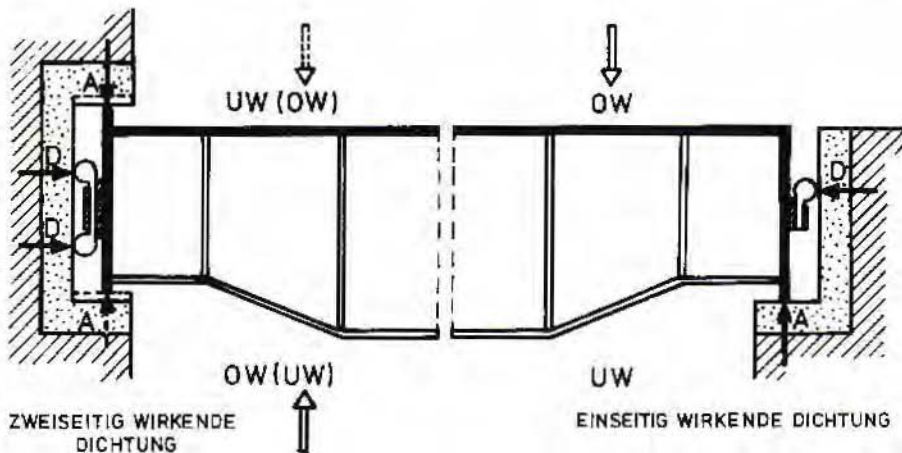


**ABB. 7 DICHTUNGSANORDNUNG UND WIRKUNGSWEISE**



DICHTUNG IN RICHTUNG SEITENPFEILER

A



B

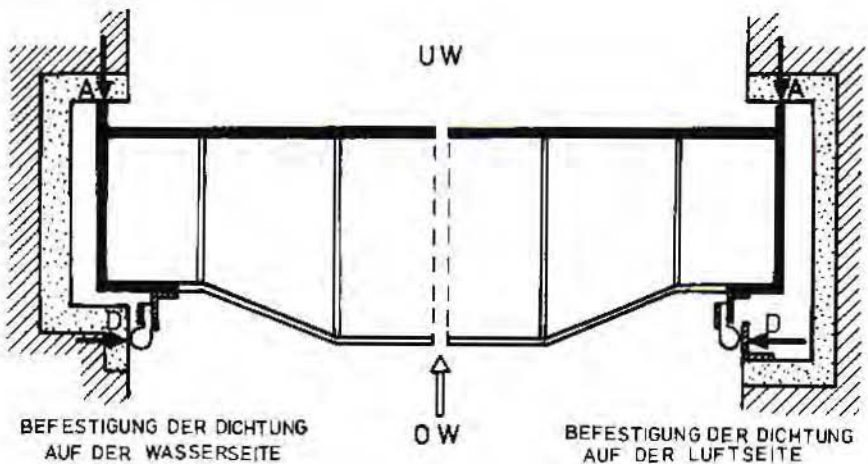
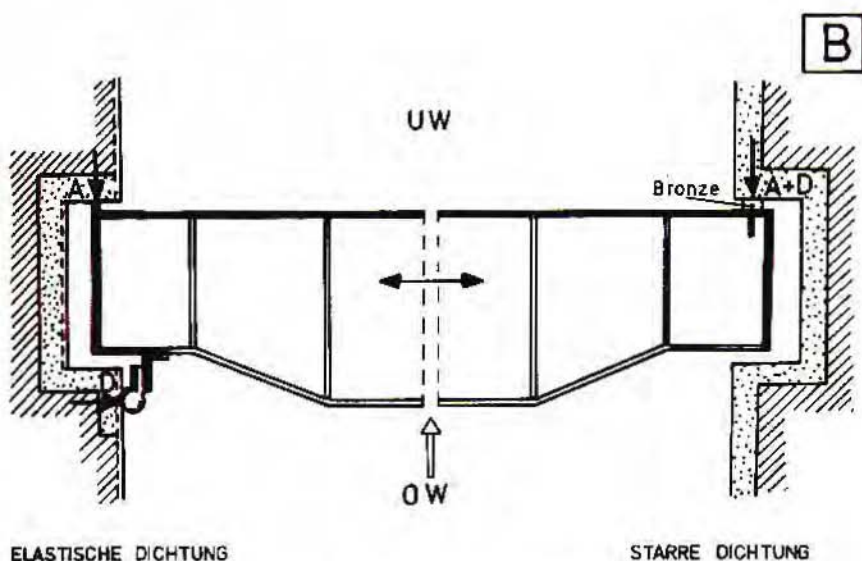
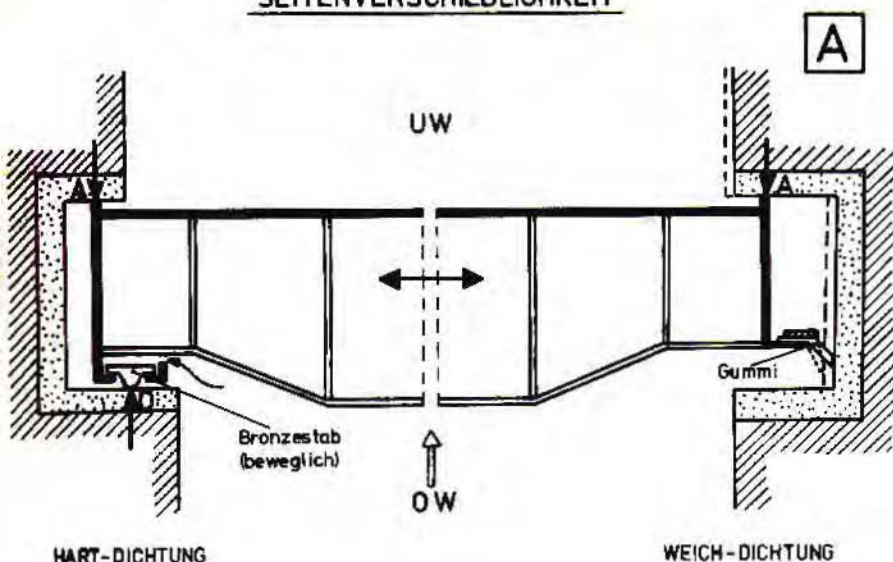


ABB.8 DICHTUNGSANORDNUNG UND WIRKUNGSWEISE



# BEANSPRUCHUNG DER DICHELEMENTE BEI SEITENVERSCHIEBLICHKEIT



**ABB.9 DICHTUNGSANORDNUNG UND WIRKUNGSWEISE**

Abb. 10 A

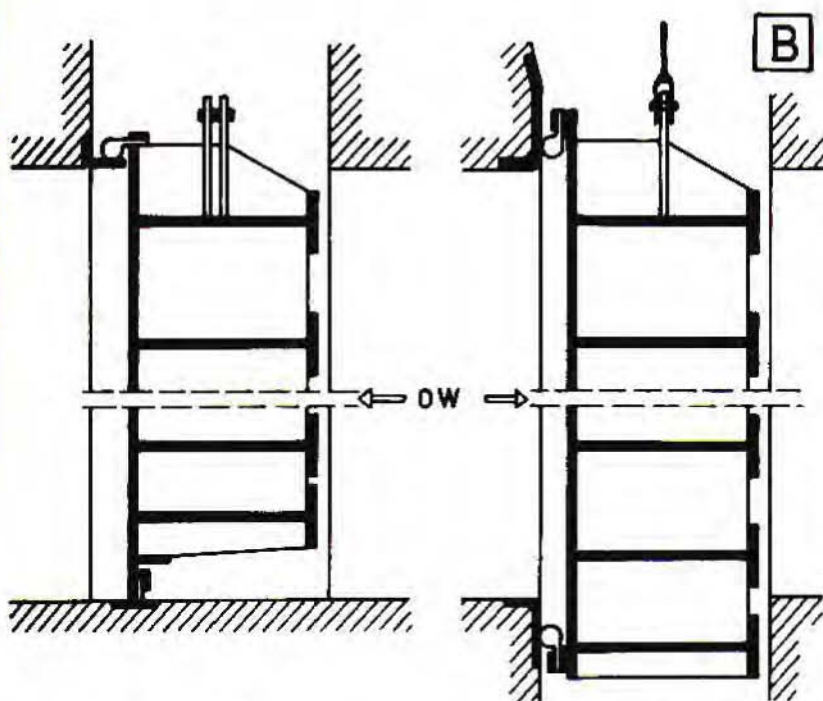
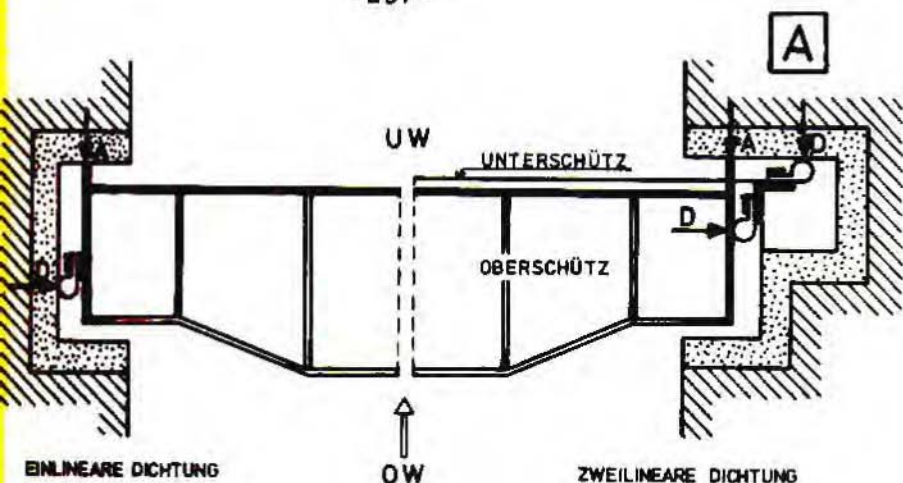
Zum Unterschied zur üblichen Ausbildung (eilinear) auf der linken Seite weist die rechte Anordnung (zweilinare Dichtung) das doppelte Dichtungsrisiko auf. Zweilinare Dichtungen kommen bei Doppelschützen zur Ausführung und sind in diesem Fall am Unterschütz befestigt. Die Gegendichtungsflächen sind das Seitenschild des Oberschützes bzw. die Wandungen des Wehrpfeilers.

Abb. 10 B

In bezug auf die Schützposition sind zwei unterschiedliche Dichtungs-ausbildungen für Top- und Sohl-dichtung dargestellt.

Das linke Schütz hat an seiner Oberkante eine aufliegende und an seiner Unterkante eine aufsetzende Dichtung, die beide nur in der Staustellung gegen die Gegendichtungsflächen dichten. Dagegen liegen die Dichtungen des rechten Schützes auf einer vorgegebenen Höhe an den Gegendichtungsflächen als Gleitdichtungen an.

Bei Hubschützen können sich bei der Verwendung der letzteren Anordnung Vorteile für die Antriebsschaltung ergeben, da hier ein Abschaltweg zur Verfügung steht und dadurch die Anhebung des Gegengewichtes in jedem Falle vermieden wird.



**ABB.10 DICHUNGSANORDNUNG UND WIRKUNGSWEISE**

## 5. Befestigung der Dichtungselemente

Mit Hinblick auf die Auswechselbarkeit der Dichtungen wird für ihre Befestigung an der Stahlkonstruktion im allgemeinen die Verwendung von rostsicheren Klemmleisten, Schrauben und Muttern gefordert. Nur für den Fall, daß Schraubenbolzen auf die Stauwand aufgeschweißt werden, verzichtet man gelegentlich für diese auf rostfreies Material.

Im allgemeinen sind die Verhältnisse im Dichtungsbereich nicht so ideal wie sie auf den Abb. 3 und 4 für die Berechnung des Dichtungsdruckes dargestellt sind.

Werkstattungenauigkeiten, Montageungenauigkeiten, Durchbiegungen, Setzungen etc. müssen, soweit möglich, vorher berücksichtigt und/oder mit einer Nachstellmöglichkeit ausgeglichen werden. Zusätzlich ist es bei geringen Wassertiefen ratsam, eine Vorspannung von wenigstens 2 mm vorzusehen, während es in Wassertiefen  $d \geq 10$  m, beispielsweise bei einer Motengummidichtung, ausreichend ist, die oberwasserwärtige Auflagerleiste einige Millimeter breiter als die Klemmleiste auszuführen (Abb. 3).

Gelenkige Ausbildungen von Metaldichtungen haben sich nicht bewährt und werden heute kaum noch ausgeführt. Insbesondere weisen WICKERT und SCHMAUSSER (1971) in diesem Zusammenhang darauf hin, daß bei Verwendung von Metalllegierungen starke Korrosionen schließlich zur Zerstörung dieser Konstruktionen geführt haben.

## 6. Gegendichtungsflächen und ihre Montage

Je nach Lage der Dichtung müssen den schleifenden oder aufsetzenden Dichtungselementen ebene Flächen gegenüberstehen, die entweder in den Massivbaukörper eingelassen sind, oder im Falle daß der Verschluß aus mehreren gegeneinander beweglichen Teilen besteht (Doppelschütze), an der jeweils gegenüberliegenden Konstruktion befestigt sind. Diese Gegendichtungsflächen müssen zur Erzielung ausreichender Dichtigkeitsgrade möglichst glatt sein, und kurzweilige Unebenheiten, etwa aus Schweißschrumpfung, müssen beseitigt werden, da anderenfalls im Winter das hier gefrierende Leckwasser zu Beschädigungen der Feindichtung führt. Um eine Beschädigung der Gummiprofile durch Korrosion zu vermeiden, ist man schon seit einiger Zeit dazu übergegangen, diese Gegendichtungsflächen rostfrei

auszuführen. Dazu werden meistens V2A-plattierte oder aber auch massive rostfreie Bleche verwendet.

Für den exakten Einbau der Dichtflächenträger sind heute mehrere Möglichkeiten bekannt.

Die herkömmliche Einbauart ist derart, daß zunächst Anker in den Primärbeton eingesetzt werden, an denen die Träger befestigt werden. Wegen der Paßgenauigkeit war es früher erforderlich, die entsprechenden Löcher in den Trägern erst auf der Baustelle zu bohren. Mit der Anwendung des sogenannten Rohrankers, der sich dadurch auszeichnet, daß er im eingebauten Zustande noch seitlich einige Millimeter bewegt werden kann, ist hier eine Montageerleichterung erzielt worden.

Sowohl für den Einbau von Lagerkonstruktionen als auch von Gegendichtungsflächen wird heute jedoch die Montage unter Verwendung der sogenannten WELDING PADS bevorzugt.

Danach werden Platten mit angeschweißten Ankern - einfach durch Befestigung auf den Schalbrettern - in den Primärbeton eingebaut (Abb. 11). Die Trägerkonstruktion der Gegendichtungsflächen wird ihrerseits mit Ankerbolzen verbunden, deren gewindelose Enden nach dem Einmessen an die Welding Pads angeschweißt werden. Eine weitere Einrichtungsmöglichkeit ist durch die Anordnung von Langlöchern in den Gegendichtungsträgern gegeben. Anschließend muß der Verguß mit Sekundärbeton mit äußerster Sorgfalt durchgeführt werden, damit eine Umläufigkeit vermieden wird.

Die Krafteinleitung des Dichtungsdruckes in die Gegendichtungsflächen ist unproblematisch. Dagegen können bei hohen Wasserdrücken die Kräfte aus Dichtungsreibung (bei Tiefschützen) recht hohe Werte annehmen. In diesem Fall ist es ratsam, die Schubarmierung über die Oberfläche des Primärbetons herausstehen zu lassen und außerdem die Oberfläche des Primärbetons für eine einwandfreie Kraftübertragung aufzurauen.



# LAGERDICHTUNG EINER FISCHBAUCHKLAPPE

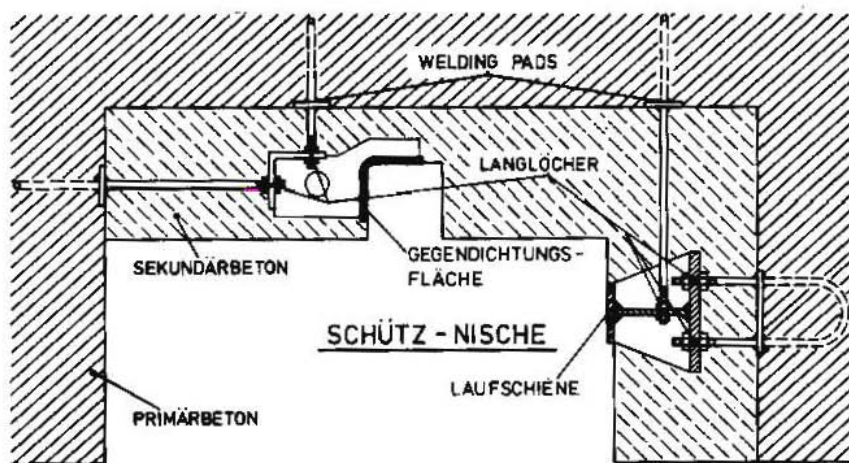
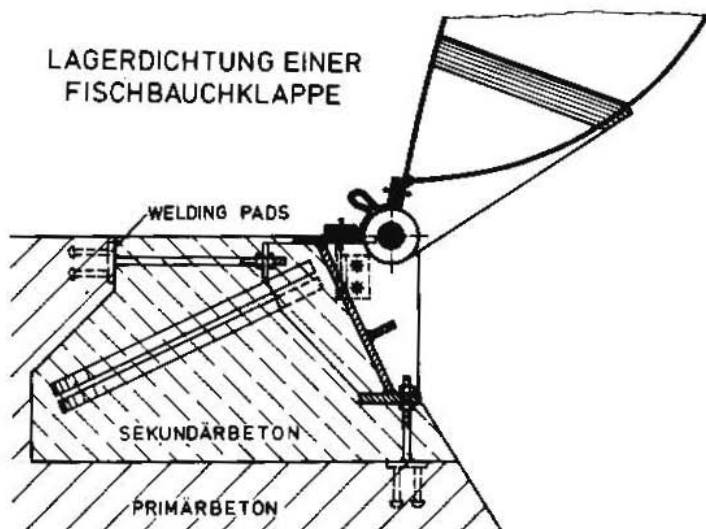


ABB.11 MONTAGE VON GEGENDICHTUNGSFLÄCHEN UND AUFLAGER-  
KONSTRUKTIONEN (nach Firmenzeichnung KRUPP)

## 7. Einige neuzeitliche Dichtungskonstruktionen

### 7.1 Dichtungen an einem Stemmtor

Abb. 12 zeigt die Dichtungen eines Stemmtores an Schlagsäule, Wendesäule und Drempe.

Im Gegensatz zu den auch heute noch häufig an derartigen Toren anzutreffenden Holzbalkendichtungen wurden hier ausschließlich Gummiprofile gewählt. An der Schlagsäule wird hydraulische Dichtung mit einem Notengummi erzielt, während die Dichtungen an Wendesäule und Drempe nur durch Vorspannung wirken.

### 7.2 Dichtungen an einem Segmentschütz (eines Sturmflutsperrwerkes)

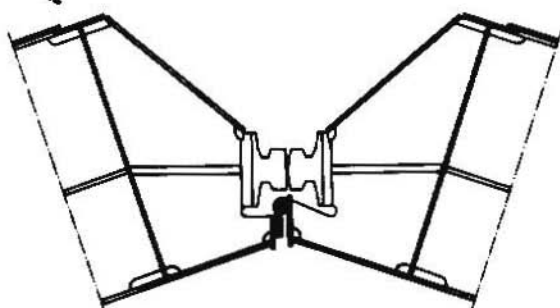
Wegen der aus relativ großen Schützabmessungen (Länge 40 m) resultierenden Verschiebungen wurde die in Abb. 13 in Horizontalschnitt und Aufriß dargestellte robuste Seitendichtung entwickelt. Sie besteht im wesentlichen aus einem Flachgummi, der - zu einem Hohlprofil geformt - an den kreisförmigen Dichtungsträger wasserdicht angeschlossen ist. Zur Erzielung der Mindeststeifigkeit und der Verformungsbegrenzung dieses Profils wurde zusätzlich ein Gummischlauch bzw. am unteren Ende ein Moesgummistück eingelegt. Ober einen Spiraldruckschlauch wirkt im Dichtungsprofil der Oberwasserdruck.

Entsprechend der Verwendung des betreffenden Verschlusses als Sturmflutschütz ist an seiner Unterkante lediglich eine Stahlschneide zugleich als Auflagerement und Grobdichtung vorhanden.

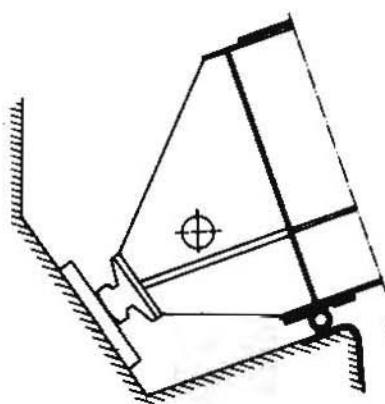
### 7.3 Spaltwasserdichtung eines Hebewerkes

Bei dem in Abb. 14 im Vertikalschnitt dargestellten Konstruktionsdetail handelt es sich in seinem oberen Teil um die als Aufsatzdichtungen ausgebildeten Sohlendichtungen des Haltungstores und des Trogtores.

Das darunter befindliche Notengummiprofil und der Flachgummi sind an der Vorderfront der oberen Kanalhaltung befestigt und wirken zwischen dieser und der teleskopartigen Anlage-Vorrichtung des Troges als Spaltwasserdichtungen.



SCHLAGSÄULE



WENDESÄULE

DREMPEL

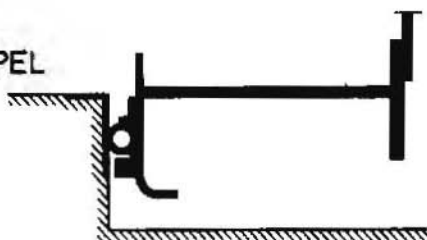
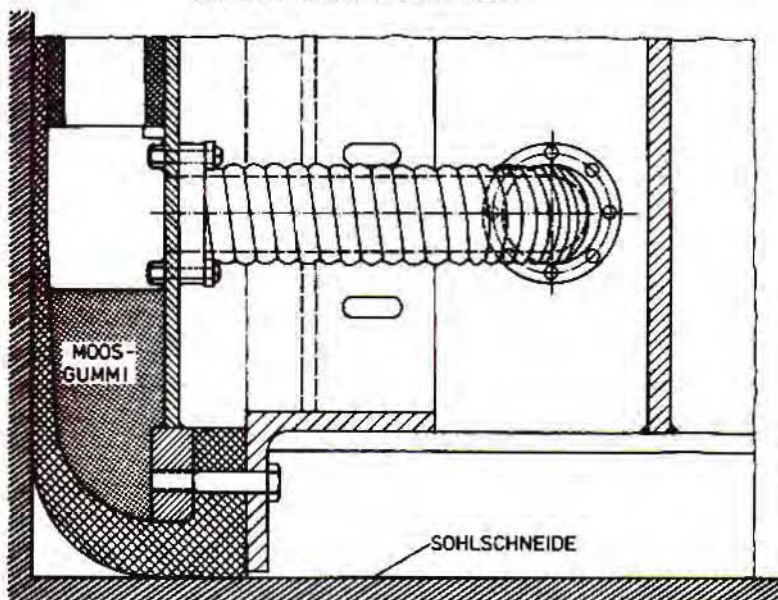


ABB.12 DICHTUNGEN AN EINEM STEMMTOR  
(nach Firmenzeichnung KRUPP)

ANSICHT VON UNTERWASSER



HORIZONTALSCHNITT

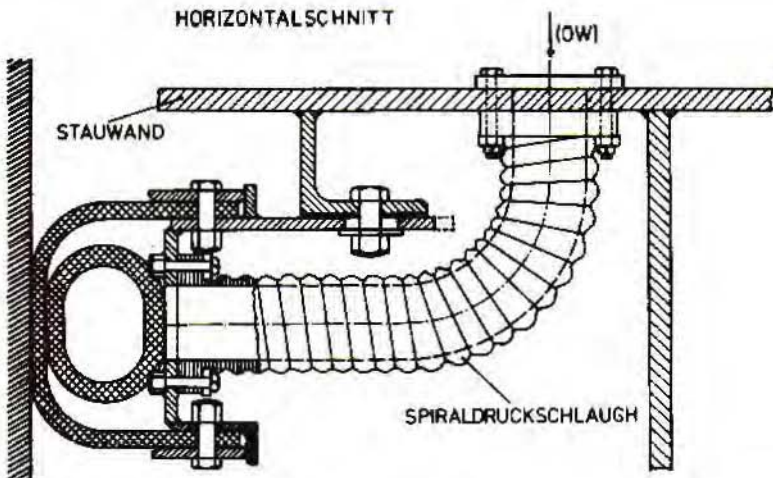
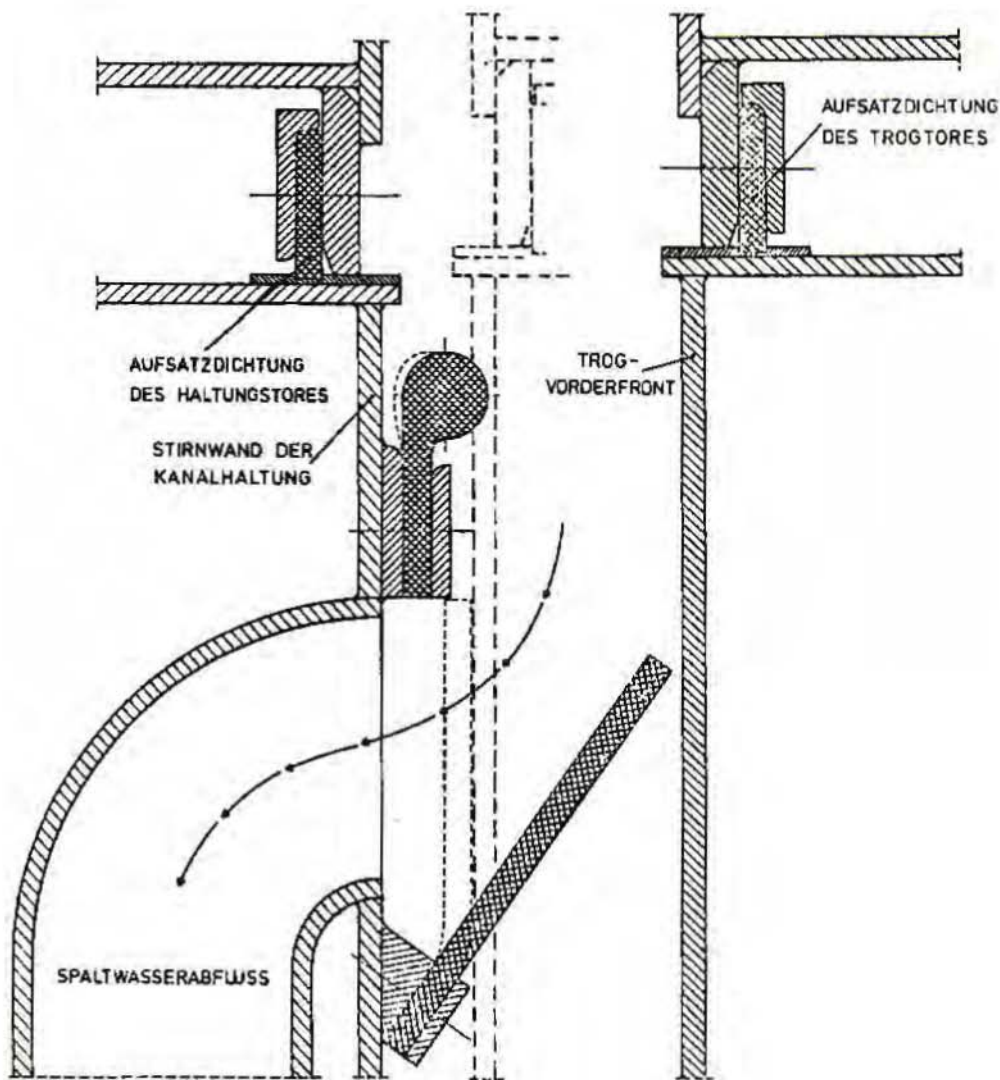


ABB.13 DICHTUNGEN AN EINEM SEGMENTSCHÜTZ  
(nach Firmenzeichnung RU und KRUPP)



**Abb. 14:** Spaltwasserdichtung eines Hebewerkes  
(nach Firmenzeichnung KRUPP)



Unmittelbar bevor der Trog von der Haltung ablegt, ist der Spalt zwischen Haltungstor und Trogtor mit Wasser gefüllt; die Dichtung wird über das Notenprofil erzielt.

Legt der Trog von der Haltung ab, wird das Spaltwasser in einen Tank entleert. Während des Entleerungsvorganges dichtet der Flachgummi gegen die Vorderfront des Troges.

## 8. Zusammenfassung

Schadhafte Dichtungen an Stahlwasserbaukonstruktionen sind bis heute noch oft die Ursache für kostenintensive Betriebsausfallzeiten bei Wasserbauwerken und können dazu ernste Gefährdungen auslösen, wenn durch sie die Bewegungsunfähigkeit, beispielsweise eines Wehres, eingetreten ist.

Es werden die Aufgaben und Anforderungen, die heute an eine Dichtungs-konstruktion gestellt werden, zusammengefaßt und Erfahrungen mitgeteilt, die beim Einsatz von verschiedenen Dichtungswerkstoffen, insbesondere bei Holzbalkendichtungen, gemacht wurden.

Die Wirkungsweise verschiedener Dichtungs-konstruktionen wird erläutert und in bezug auf Beanspruchung, Werkstoff und Lage am Staukörper eine Übersicht gegeben.

Sowohl die Montage der Dichtelemente als auch der Gegendichtungsflächen wird beschrieben.

Abschließend sind einige Beispiele von neueren Dichtungs-konstruktionen wiedergegeben worden.

## 9. Abstract

Damaged sealing elements of hydraulic steel structures are still today the reason for expensive down-times of operation and can cause severe dangers if the incapability of moving - of a weir for instance - is produced.

Sealing purpose and requirements set on sealing structures are summarized and experiences reported which were got in testing different sealing materials, particularly wooden sealings.

The mode of operation of different sealing structures is illustrated and a review is given about the kind of stressing, the materials and the location of the sealing elements on the hydraulic structure.

The assembly of sealing elements and sealing faces is described and finally some examples of modern sealing structures are given.

# 10. Schrifttum

- |                                  |      |  |
|----------------------------------|------|--|
| KÜHLER, F.                       | 1956 | Konstruktive Grundzüge und praktische Erfahrungen beim Bau und Betrieb von Stahlwasserbauten<br>Springer Verlag, 1956  |
| KOLLBRUNNER, C.F.<br>STREULI, L. | 1955 | Dichtungen im Stahlwasserbau<br>Mitteilungen über Forschung und Konstruktion im Stahlbau, Heft 18, Herausgeber A.G. Conrad ZSCHÖKE<br>Verlag Leemann, Zürich, 1955 |
| WICKERT, G<br>SCHMAUSSER, G      | 1971 | Stahlwasserbau<br>Springer Verlag, 1971  |

Für diesen Beitrag wurden freundlicherweise von den nachfolgend aufgeführten Firmen Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- |          |  |
|----------|--|
| KRUPP    | Krupp GmbH, Industrie- und Stahlbau,<br>Rheinhausen<br>Rheinhausen (Deutschland)   |
| RU       | Rheinstahl Union AG, Dortmund<br>Dortmund (Deutschland)                            |
| US Corps | US Corps of Engineers,<br>Washington, U.S.A., nach WICKERT und<br>SCHMAUSSER, 1971 |